

MITTAUSSUUNNITELMAN LAATIMINEN TALONRAKEN- NUSTYÖMAALLE

Ville Kärnä

Opinnäytetyö
Tekniikka ja Liikenne
Maanmittaustekniikka
Insinööri (AMK)

2016

Tekniikka ja liikenne
Maanmittaustekniikan
koulutusohjelma

Tekijä	Ville Kärnä	Vuosi	2016
Ohjaaja	Jaakko Lampinen		
Toimeksiantaja	Pirkanmaan Mittauspalvelu Oy		
Työn nimi	Mittaussuunnitelman laatiminen talonrakennustyömaalle		
Sivumäärä	33		

Tämän opinnäytteen tavoitteena on parantaa aloittelevan mittamiehen ohjeistusta toimeksiantajayrityksessä. Opinnäytteessä esitellään talonrakennustyömaan yleisimmät rakennusmittaukset ja niihin liittyvät tarkkuusvaatimukset. Lisäksi selvitetään mistä mittaustarkkuus koostuu ja mikä merkitys tarkasti suoritetuilla mittauksilla on talonrakennustyömaan etenemisen kannalta. Opinnäytteen tuotoksena syntyi mitaussuunnitelma Vehmaisten koulun ja päiväkodin työmaalle. Opinnäytteen mitaussuunnitelmaa voidaan käyttää myös tulevien työmaiden mitaussuunnitelmien pohjana ja ohjeistuksena aloittelevalle mittamiehelle.

Työn tutkimusaineistona on käytetty rakennusalan kirjallisuutta, haastatteluita ja rakennusmittauksen kirjallisuutta. Lisäksi havainnoitiin ja valokuvattiin Vehmaisten koulun ja päiväkodin työmaan etenemistä sekä siellä suoritettuja mittauksia.

Työn tulosten johtopäätöksenä on se, että mitaussuunnitelman laatiminen kehittää aloittelevan mittamiehen ammattitaitoa ja varmistaa mittausten tarkkuuden. Takymetrien kasvava mittaustarkkuus ja kiristyvät tarkkuusvaatimukset eivät vähennä mitaussuunnitelman laatimisen tärkeyttä.

Technology, Communication and
Transport
Degree Programme of Land Survey-
ing

Author	Ville Kärnä	Year	2016
Supervisor	Jaakko Lampinen		
Commissioned by	Pirkanmaan Mittauspalvelu Oy		
Subject of thesis	Drafting a Measurement Plan for a Construction Site		
Number of pages	33		

In this Bachelor's Thesis a plan of measurement was drafted for the construction site of Vehmainen School and Nursery. The purpose was to develop a manual for a beginning construction surveyor on how to create a plan and also on how to introduce the most common measurements in a construction site.

The research material used was literature about construction and construction surveying. In addition, supervisors in the construction site and the head of surveying were interviewed. The measurements were documented and photographed as the work progressed.

The result of this study of was a measurement plan for the Vehmainen construction site. This measurement plan is suitable also as a template for upcoming construction sites as well as a manual for a beginning surveyor. In conclusion, the drafting of a measurement plan remains vital for precision in construction measurements considering the constantly tightening precision requirements. For an inexperienced construction surveyor drafting will enhance his professional skills and ensures the precision of the measurements.

Key words

geodesy, construction, precision

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	5
2 MITTAUSSUUNNITELMAN LAATIMISEN PERUSTEET	8
2.1 Mittaussuunnitelman laadintaohjeet.....	8
2.2 Kiintopisteverkko.....	8
2.3 Tarkkuusvaatimukset rakennustyömaalla	9
2.4 Mittaustarkkuus ja mittavirhe	13
2.5 Mittaajan toiminta.....	15
3 MITTAUSSUUNNITELMAN LAATIMINEN JA MITTAUKSET.....	16
3.1 Mittaussuunnitelma	16
3.2 Valmistelevat mittaustyöt maanrakennustyövaiheen jälkeen	19
3.3 Perustusvaiheen mittaustyöt	20
3.4 Lattiavalun mittaustyöt	22
3.5 Ylempien kerrosten mittaustyöt.....	26
4 POHDINTA	30
LÄHTEET	32

1 JOHDANTO

Mittaus suunnitelma laaditaan suoritettavien mittausten perustaksi. Siinä nimitään kohde, tilaaja, käytettävät mittaustavat ja – laitteet sekä mittausten tarkkuusvaatimus. Mittaus suunnitelma laaditaan jokaiselle rakennus- tai kartoitushankkeelle. Tämän lisäksi geodeettiset mittaukset, kuten esimerkiksi kunnan tai Maanmittauslaitoksen kiintopisteverkon mittaukset, vaativat omiin tarkoituksiinsa sopivan mittaus suunnitelman. (Tiehallinto 2008, 11.)

Mittaus suunnitelman laatiminen on ensiarvoisen tärkeää, koska se varmistaa mittausten lähtökohdan luotettavaksi ja näin voidaan varautua hankkeen omiin erityislaatuisiin haasteisiin. Myös mittaus konsultille ja tilaajalle on tärkeä kirjata nähtäväksi tarkkuusvaatimukset ja käytettävät mittaustavat, jotta mittaukset suoritetaan rakenteiden vaatimien tarkkuustoleranssien rajoissa (Liuha 2015). Aiheen tärkeydestä ja oleellisuudesta huolimatta aiheesta ei ole tehty opinnäytetöitä, joten tämä opinnäytetyö lisää alan tietämystä aiheesta. Työn tekijä on laatinut opintojen aikana mittaus suunnitelmia, mutta työelämässä ei vielä, joten työn tekeminen on tekijälle oppimismahdollisuus. Toimeksiantaja saa opinnäytteestä mittaus suunnitelman, jonka pohjaa voidaan käyttää tulevien työmaiden mallidokumenttina. Lisäksi sitä voidaan käyttää uuden työntekijän perehdytyksessä.

Mittaus suunnitelman laatiminen kuuluu monen mittausalan koulutusohjelman opetussuunnitelmaan, lisäksi ammatillisessa lisäkoulutuksessa perehdytään siihen (Kiljavan opisto 2015). Opintojen aikana suoritettavissa projekteissa usein toteutetaan mittauksia, joten niissäkin laaditaan mittaus suunnitelma.

Tutkimuksen tavoitteena on parantaa toimeksiantajan ohjeistusta aloittelevan mittamiehen toiminnalle uusissa talonrakennuskohteissa. Työssä esitellään yleisimmät mittaukset, niiden tarkkuusvaatimukset ja mallipohja mittaus suunnitelman laatimista varten. Näin mittaus suunnitelma laatiminen voidaan siirtää kiireisen mittauspäällikön vastuulta mittamiehen vastuulle. Opinnäytteen tarkoituksena on laatia opinnäytteen kohteena olevalle työmaalle mittaus suunnitelma ja kuvata sen perusteella tehdyt mittaukset.

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan mittaussuunnitelman laatimista aloittelevan mittamiehen näkökulmasta, perehdytään mittaussuunnitelmien laatimisohjeisiin ja pohditaan mittaussuunnitelman laatimisen käytänteiden kehittämistä. Lopputuotoksena laaditaan mittaussuunnitelma Vehmaisten koulun ja päiväkodin rakennustyömaalle ja esitellään kohdetyömaalla vaaditut mittaukset.

Opinnäytteen lähdetyömaana on käytetty Vehmaisten koulua ja päiväkotia, joka on Tampereen kaupungin tilakeskuksen rakennushanke. Uudisrakennukseen tuleviin tiloihin tulee 300 oppilaalle ja 160 päiväkotilaiselle. Rakennus on kaksikerroksinen. Ensimmäiseen kerrokseen tulevat päiväkodin tilat, liikuntasali, keittiö ja ruokasali, sosiaali-tilat ja kirjasto sekä 1 — 2 luokkien tilat. Toiseen kerrokseen tulee musiikkiluokka, 3 — 6 luokkien tilat ja henkilökunnan tilat. Rakennustyöt alkoivat kesäkuussa 2015 ja valmistumisaika on kesäkuussa 2016. Kustannusarvio on 14,8 miljoonaa euroa ja bruttoala on 7064 bruttoneliömetriä. (Tilakeskus 2015.)

Opinnäytteen tietoperusta muodostuu mittaussuunnitelmien laadintaohjeista, alan kirjallisuudesta ja mittauspäällikön haastattelusta, joka on yleensä vastuussa mittaussuunnitelman laatimisesta. Työssä käytettävä aineisto on kerätty Vehmaisten koulun ja päiväkodin rakennustyömaalta.

Työ rajataan mittaussuunnitelman laatimisen käsittelyyn ja sen laatimisohejeisiin sekä rakennustyömaan mittauksiin. Lisäksi esitellään työmaa, jolle tehdään mittaussuunnitelma eli Vehmaisten koulu ja päiväkodin rakennustyömaa. Työstä rajataan pois geodeettiset mittaukset, ratamittaukset, tiemittaukset ja maanrakennusmittaukset. Tekstissä viitataan vain tämän työmaan mittauksiin tai rakenteisiin ellei nimenomaan toisin nimetä.

Luonteeltaan tämä opinnäytetyö on tutkimuksellinen kehittämisestä, jossa tutkimusmenetelmänä on tapaustutkimus. Työn empiirisenä tapauksena on Vehmaisten koulun uudisrakennus. Tutkimusmetodeina ja aineiston keruun tapoina

käytetään mittaamista, havainnointia ja haastatteluita. Työmaalla tehtiin havain-toja rakennustyömaan työvaiheista ja ne dokumentoitiin valokuvin. Lisäksi tutkit-tiin suunnitelmia projektipankissa. Lisäksi haastateltiin työmaamestarilta ja mit-tauspäällikköä. (Puusniekka & Saaranen-Kauppinen 2006; Ojasalo, Moilanen & Ritalahti 2009, 29.)

Tässä työssä on neljä lukua. Johdannon jälkeen toisessa luvussa esittelen mit-taussuunnitelman laatimisen perusteet ja talonrakennustyömaan mittauksen tark-kuusvaatimukset. Kolmannessa luvussa on työn tuloksena mittaussuunnitelma ja kuvataan Vehmaisten koulun ja päiväkodin työmaan ja siellä tehdyt mittaukset. Viimeisessä luvussa pohdin mittaussuunnitelman laatimisessa esiin tulleita haas-teita, mittauksessa esiin tulleisiin ongelmiin ja mahdollisia parannusehdotuksia mittaussuunnitelman laatimisprosessiin.

2 MITTAUSSUUNNITELMAN LAATIMISEN PERUSTEET

2.1 Mittaussuunnitelman laadintaohjeet

Talonrakennusalalla ei ole yhtenäistä mittaussuunnitelman laatimisohjetta. Monella rakennusurakoitsijalla on kuitenkin omassa laatujärjestelmässään talohankkeiden mittaussuunnitelman laatimisohje. Tämä onkin tärkeää toiminnan yhtenäistämiseksi. (Liuha 2015.)

Mittaussuunnitelmassa perustellaan hankkeen mittausperusteet, koordinaatisto- ja korkeusjärjestelmät sekä käytettävien laitteiden tarkkuusvaatimukset. Lisäksi määrätään, kuinka hankkeessa tehtyt mittaukset dokumentoidaan. Mittaussuunnitelma toimii mittamiehelle kuin käsikirjana, joka antaa ohjeet siitä, kuinka suunnitelmat muutetaan rakennetuksi todellisuudeksi. Erityisesti aloittelevalle mittamiehelle tärkeät tiedot ovat tarkkuusvaatimukset, joita mittauksen täytyy vastata. Joko tarkkuudet ovat yksiselitteisesti kirjatut tai on viitattu esimerkiksi InfraRYL-teoksiin. Työtä helpottavat myös tiedot merkittävistä rakenteista ja tulevista tarkemittauksista. (Liuha 2015.)

Mittaussuunnitelman laatimisesta vastaa isoissa hankkeissa pääurakoitsijan mittauspäällikkö tai mittauskonsultin projektipäällikkö. Pienemmissä hankkeissa kohteen mittamies laatii mittaussuunnitelman itse. Kokenut mittamies ymmärtää mittaussuunnitelman laatuvaatimukset tärkeyden esimerkiksi lähtöpisteiden laatu- ja sijainti vaikuttavat mittauksen onnistumiseen. (Liuha 2015.)

2.2 Kiintopisteverkko

Suomessa tehtävät mittaukset sidotaan Maanmittauslaitoksen, entisen Geodeettisen laitoksen ja kuntien mittaamaan kiintopisteverkkoon. Kiintopisteverkon käytännöllisenä tarkoituksena on määrittää lähtöpisteet valtakunnalliselle koordinaatistolle ja tieteellisenä tarkoituksena selvittää geoidin ja vertausellipsoidin välisiä

suhteita (Tikka 1986, 37). Kiintopisteiden tarkkuus vaihtelee, joten on luotu kiintopisteverkon hierarkia erittelemään pisteiden käyttötarkoitusta. Lisäksi hierarkialla voidaan estää se, että vierekkäisiltä pisteiltä suoritettujen mittausten tarkkuus on heikko. (Vermeer 2015, 140.)

Kiintopistehierarkiassa pisteet jaetaan valtakunnallisiin E1 — E2 ja paikallisiin E3 — E6 pisteisiin. Valtakunnalliset E1 — E2 pisteet muodostavat valtakunnallisen koordinaatiston EUREF-FIN rungon. Osa E1-luokan pisteistä on aktiivisessa jatkuvassa mittauksessa 13 kappaletta niin sanotussa FINNREF-verkossa. Passiiviset kiintopisteet ovat esimerkiksi pultti, putki, tanko eli liikkumaton, kestävä ja yksiselitteinen rakenne. Taulukossa 1 on nimetty tarkimpien luokkien kiintopisteiden määrät. (Häkli 2014, 11.)

Taulukko 1. Valtakunnallisten kiintopisteiden määrä (Häkli 2014, 12)

Nimi	Määrä
FINNREF	13
E1	n.100
E1b	n.350
E2	n.4800

Paikalliset pisteet lajitellaan E3 — E4 peruskiintopisteiksi ja E5 — E6 käyttökiintopisteiksi. E3 — E4 luokkien pisteet ovat EUREF—FIN —koordinaatiston paikallinen runko. E5 — E6 luokkien kiintopisteet ovat taas saman koordinaatiston paikallinen käyttöpisteistö. E5 luokka toimii tarkempana käyttöpisteluoikkana ja E6 luokassa on taas epätarkemmat pisteet esimerkiksi apupisteitä. (Häkli 2014, 13.)

2.3 Tarkkuusvaatimukset rakennustyömaalla

Suomessa rakennettavien betonirakenteiden sijaintien tarkkuusvaatimukset on esitetty Betonirakentamisen laatuohjeissa eli lyhennettynä by 47. Tuorein julkaisu on ilmestynyt 2013. Rakenteiden toleranssit jakaantuvat valmistustoleranssiin,

paikallaanmittaustoleranssiin ja asennustoleranssiin (Salmenperä 2004, 149). Näistä toleransseista käsitellään ensisijaisesti paikalleenmittaustoleranssit, sillä ne liittyvät eniten mittamiehen suorittamaan mittaustyöhön. Valmistustoleranssilla tarkoitetaan tarkkuusvaatimusta elementtitehtaalle ja asennustoleranssilla tarkoitetaan tarkkuusvaatimusta elementtiasennustyöryhmälle. (Suomen Betoniyhdistys, 127.)

Toleranssi on rakenteen mitan sallittu vaihtelu. Toleranssiväli on rakenteen päämitan sallittu vaihteluväli, poikkeama on taas perusmitan ja toteutuneen mitan välinen itseisarvon erotus. Seuraavassa on esitetty havainnollistava esimerkki: rakenteen perusmitta on 2600 millimetriä ja poikkeamat on kymmenen millimetriä, täten voidaan ilmaista, että toleranssiväli on 2590...2610 millimetriä ja toleranssileveys on 20 millimetriä. (Suomen Betoniyhdistys 2013, 123.)

Ensimmäisenä käsitellään anturoiden tarkkuusvaatimukset. Antura on maanpääle valettava betonirakenne, jonka tehtävänä on siirtää rakenteen kuorma maaperään, estää maaperän murtuminen, painumien rajoittaminen sekä estää rakenteen liukuminen ja kaatuminen (Jääskeläinen 2009, 10). Taulukossa 2 on Suomen Betoniyhdistyksen ohjeavot anturoiden toleransseille.

Taulukko 2. Perustusten toleranssit (Suomen Betoniyhdistys 2013, 56)

Mittauskohde	Toleranssit (mm)
Päämitat	± 30
Yläpinnan korkeusasema	± 20
Sivusijainti	± 30

Taulukossa 2 on esitetty suositukset perustusten päämitoille, korkeusasemalle ja sivusijainnille. Päämittojen tarkkuusvaatimus tarkoittaa käytännössä sitä, että perustuskuvassa kirjatut leveys- ja pituusmitat saavat olla todellisuudessa 30 millimetriä pitemmät tai lyhyemmät. Anturan yläpinnan korkeusasema saa olla 20 millimetriä ylempänä tai alempana todellisuudessa kuin suunnitelmissa on merkitty. Sivusijainnin 30 millimetriä tarkkuus suuntaansa varmistaa, että anturat ovat kohdistetusti nostojen alla.

Peruspultit ovat tartunta, joka siirtää pilarin kuorman anturaan. Yleensä pilarian-turaan tulee yksi neljän pultin pulttikehä. Pulttien tarkkuuden tärkeys juontuu pi-lareiden merkityksestä. Jos pilarivälit ovat erimittaiset, ne vääristävät massojen jakautumista pilareille ja palkeille. Tällöin ne poikkeavat lujuuslaskennasta, mikä aiheuttaa sortumisvaaran (Saari 2012, 23). Lisäksi pilarin epäkeskisyys anturaan nähden luo momentin anturaan aiheuttaen mahdollisesti tarpeen vääntöraudoi-tuksen lisäämiseen (Laahanen 2015). Kiinnityslevyihin voidaan hitsata teräspilari tai esimerkiksi tiilimuurauksen kannatin. Pulttien ja kiinnityslevyjen tarkkuusvaa-timukset ja sijaintitoleranssi määritellään taulukossa 3.

Taulukko 3. Raudoitusten sijaintitoleranssit (Suomen Betoniyhdistys 2013, 65)

Mittauskohde	Toleranssit mm
Kiinnityslevyt	
-sivusijainti vaakatasossa	±15
-korkeusasema	±5
Pilarikengät eli pultit	
-vaakataso	±10
-korkeusasema	±5
-keskinäinen väli	±2
-kiertymä	±5
Harjatankotartunnat	±10
Reiät	±20

Taulukossa 3 on esitetty pilarikengän sijaintitoleranssit, toisin sanoen pulttikehän sijaintitoleranssi. Vaakasuunnassa toleranssi on kymmenen millimetriä ja kor-keussuunnassa viisi millimetriä. Lisäksi on erikseen huomioitu pulttien keskinäi-sen välin toleranssi kaksi millimetriä. Kiinnityslevyjen eli SBKL-lätkien sijaintitole-ranssit vaakasuunnassa ovat 15 millimetriä ja korkeussuunnassa viisi millimetriä.

Nykyaikaisessa rakentamisessa käytetään elementtirakenteita johtuen työn paremmasta tuottavuudesta tehtaassa, pienemmästä menekistä työmaalla ja nopeammasta runkovaiheesta (Elementtisuunnittelu 2015). Elementtien sallituksi poikkeamaksi on määritetty kolme millimetriä sivusuunnassa riippumatta mittausmatkasta johtuen nykyaikaisen vapaan asemapisteen takymetrimittauksen tarkkuudesta (Suomen Betoniyhdistys, 136).

Kun perustukset ovat valmiina ja elementtiseinät sekä holvi alkavat olla valmiina, voidaan aloittaa rakennuksen sisätyöt. Aloitetaan käsittely muuratuista väliseinistä. Muuraus suoritetaan tiilillä tai harkoilla, näistä jälkimmäiset ovat kevyempiä johtuen kennorakenteesta. Seurauksena tästä on heikompi kantavuus. Muuratujen väliseinien sijaintitarkkuus esitetään taulukossa 4.

Taulukko 4. Muuratujen väliseinien tarkkuusvaatimukset (Rakennustieto Oy, 133)

Sijainti	Luokka 1	Luokka 2	Luokka 3
Sivusijainti	±5	±8	±8
Etäisyys viereiseen rakenteeseen	±15	±15	±15

Mittatarkkuusluokka valitaan rakennuksen käyttötarkoituksen mukaan. Luokkaa 1 käytetään erittäin vaativissa kohteissa. Luokka 2 on käytössä asuin-, liike- ja toimistorakennuksissa ja luokka 3 teollisuus- ja varastorakennuksissa. (Rakennustieto Oy, 133.)

Kevyiden väliseinien rakentaminen voidaan aloittaa, kun vesikatto peittää kevyiden väliseinien päällä olevan alueen. Ilman vesikattoa levy- ja puurakenteet voivat kastua sateen seurauksena aiheuttaen homeongelman vaaran (Hyvärinen 2015). Kevyiden väliseinien tarkkuusvaatimus määritellään taulukossa 5.

Taulukko 5. Kevyiden väliseinien tarkkuusvaatimukset (Rakennustieto Oy, 195)

Sijainti	Luokka 1	Luokka 2	Luokka 3
Sivusijainti	± 5	± 8	± 12

Taulukossa 5 määritetyt mittatarkkuusluokat ovat siis samat kuin muuratuissa väliseinissä. Erotuksena on se, ettei siinä ei ole määritelty rakenteen sijaintitoleranssia viereiseen rakenteeseen.

2.4 Mittaustarkkuus ja mittavirhe

Mittaustarkkuus on tärkeä aihe ja sen tärkeyden ymmärtäminen sekä siihen vaikuttavien tekijöiden ymmärtäminen takaa mittausten suorittamisen vaadittavalla tarkkuudella. Erilaiset mittausvirheet voivat aiheuttaa suuriakin ongelmia rakennustyömaan laadukkuudelle ja tuottaa suurikustanteisia, yli 600000 euron arvoisia korjaustoimenpiteitä. (600000 Euro panne 2015).

Havainnon virhe on sen ja suureen oikean arvon välinen erotus (Laurila 2010, 35). Virheitä mittauksissa syntyy aina, mutta mittamiehen tärkeimpiä tehtäviä on virheen minimointi kustannustehokkaalla tavalla. Virheitä on kolmea eri tyyppiä, systemaattista, satunnaista ja karkeaa laatua. Systemaattiset virheet ovat seuraus johdonmukaisesta riippuvuussuhteesta havaintoa tehdessä. Ne toistuvat aina saman lailla ja samansuuntaisesti. Näin ollen niiden syy voidaan selvittää ja yrittää minimoida. (Laurila 2010, 35.)

Satunnaiset virheet ovat nimensä mukaisesti satunnaisia, joille ei voida löytää erikseen erillistä syytä eikä sitä voida ennustaa. Satunnaisvirheen suuruus saadaan selville toistamalla mittauksia. Satunnaisten virheiden käsittelyssä oletetaan, että niiden jakauma on normaalijakauma. (Vermeer 2015, 21.)

Karkeat virheet johtuvat mittaaajan huolimattomuudesta ja viallisista mittauskojeista ja ne vaikuttavat vain yksittäisiin mittauksiin (Laurila 2010, 35). Esimerkiksi

mittamies voi jättää edellisessä mittauksessa käytetyn prismavakion tai prisma-korkeuden ennalleen.

Koska kaikki havainnot ovat määritelmällisesti virheellisiä, suoritetaan virheiden minimoinniksi pisteverkon tasoituslaskenta. Tasoituslaskenta tehdään, jos työmaamittausten toleranssit ovat pienet. Tällöin mittauksia ei voida suorittaa vaadittavalla tarkkuudella huolimatta nykyaikaisten takymetrien korkeasta mittaus-tarkkuudesta. Jotta mittausten tarkkuudesta voidaan varmistua, tehdään tasoi-tuslaskenta peruspisteverkolle. (Vermeer 2015, 247.)

Pienimmän neliösumman periaate on maanmittausalan yleinen laskentamene-telmä, koska se tarjoaa laadukkaita arviota mittausten virheistä ja tarkkuudesta. Menetelmän toimivuus tarvitsee ylimääräisiä havaintoja mittauskohteista. Kun oletetaan, että virheet ovat jakautuneet normaalijakauman mukaan, voidaan las-kea keskihajonnan ja virheiden neliön perusteella pienin mahdollinen summa (Vermeer 2015, 261). Tällä tarkoitetaan havaintojen virheiden minimoimista. (Laurila 2010, 69–70; Vermeer 2015, 261.)

Mittausvirheitä tuottavat sekä laitteet että mittaajat. Nykyaikaisella robottitaky-metrillä mitatessa etäisyyksien virheet ovat yhden ja viiden millimetrin välillä. Esi-merkiksi Trimble ilmoittaa etäisyydenmittauksen tarkkuuden muodossa kaksi mil-limetriä+ kaksi parts per millionia (Trimble 2015, 2). Tämä tarkoittaa sitä, että millä tahansa matkalla tarkkuus on kaksi mm lisättynä matkasta riippuva osa (Laurila 2010, 237).

Koska takymetri pyörii sekä vaaka-akselinsa että pystyakselinsa, voidaan taky-metrillä mitata kahdessa asennossa eli I- II-asennossa. Tämä tarkoittaa sitä, että takymetrin putkea voidaan pyörittää 400 goonia ympäri. Yleensä mittaukset suo-ritetaan I-asennossa, mutta tarkkuutta vaativissa mittauksissa suoritetaan mit-taukset sekä I- että II-asennossa. Toisto parantaa systemaattisesta virheestä joh-tuvaa mittausvirhettä. (Laurila 2010, 230 — 231.)

2.5 Mittaajan toiminta

Mittamies voi vähentää tehtyjä virheitä noudattamalla hyvää mittaustapaa. Hyvä mittaustapa tarkoittaa, että mittauksessa käytetään hyväksi havaittuja toimenpiteitä, jolle voidaan esittää tieteellinen perustelu. Mittauskojeet tulee kalibroida säännöllisesti ja mittaukset tulee ylimäärittää eli tehdä ylimääräisiä havaintoja. Mittausta lopetettaessa suljetaan mittaus eli mitataan tunnettuun pisteeseen. Näin saadaan eromitat teoreettiseen arvoon ja voidaan arvioida tehtyjen mittaus-ten luotettavuutta. (Laurila 2010, 38.)

Heti ensimmäisten mittausten joukkoon rakennuksen mittamiehen tehtäviin kuuluu se, että varmistetaan rakennusalueen sijainti suhteessa tontin rajoihin (Kavanagh 2004, 518). Lisäksi on syytä tarkistaa merkittyjen pisteiden välisiä etäisyyksiä ja tarkastaa, miten ne sopivat yhteen suunnitelmiin ja edellisiin mittauksiin. (Kuparinen 1992, 34). Monikerroksisessa rakennuksessa on mittausten epätarkkuus voi aiheuttaa ongelmia, kuten rakennuksen kiertymän, kasvun ja vinouden (Koikkalainen 2012, 16). Peruspisteverkon tulee ympäröidä koko mittausalue, näin nopeutetaan mittauksia ja varmistutaan tarkoista orientoinneista koko työmaa-alueella. (Tolonen 2011, 88.)

3 MITTAUSSUUNNITELMAN LAATIMINEN JA MITTAUKSET

3.1 Mittaussuunnitelma

Tässä kappaleessa esitetään mittauksen perustaksi luotu mittaussuunnitelma ja sen perusteella suoritettavat mittaukset. Mittaussuunnitelma koskee opinnäytteen kohdetyömaata Vehmaisten koulu ja päiväkodin uudisrakennustyömaata. Mittaussuunnitelman luonti aloitettiin töiden alkuvaiheessa ja hyväksyttiin projektipöytäkirjalla. Mittauksen tarkkuusvaatimuksista voitiin poiketa, jos asiasta sovittiin työmaamestarin kanssa. Lisäksi tarkkuusvaatimuksista sovittiin työmaamestareiden kanssa, jos SisäRyl ei ole antanut tarkkuusvaatimusta. Tämä työmaa oli SisäRylin mittatarkkuusluokka 2. Tämä koski seuraavia mittauskohteita: lattiakai-vot, viemäriputket, jakotukkipaikat eli yleistäen LVI-tekniikka.

Seuraavaksi esitetään hankkeen yleistiedot luettelomuodossa.

Rakennushankkeen nimi ja sijainti: Vehmaisten koulu ja päiväkotirakennus,
Sarvannankatu 7, 33730

Tilaaja: Tampereen kaupunki, Tilakeskus

Urakoitsija: Rakennusliike J. Malm Oy

Rakennussuunnitelman laatija: Arkkitehtisuunnitelma Arkkitehtitoimisto Tomi Perko Oy, Rakennesuunnittelija: A-Insinöörit, LVI-Suunnittelija: Solair Oy

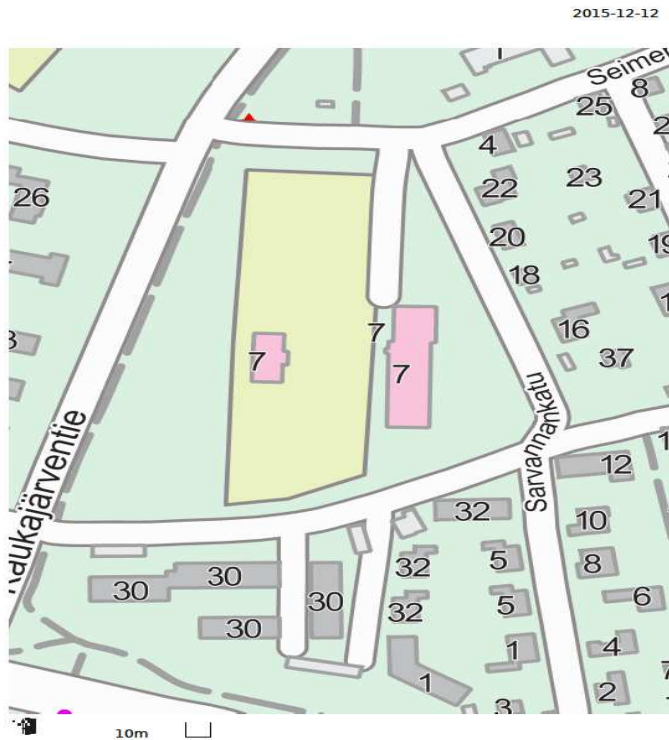
Mittaussuunnitelman laatija: Ville Kärnä

Mittaussuunnitelman tasokoordinaattijärjestelmä: Työmaan oma, arkkitehdin pohjasta, sidottu ETRS-GK24

Mittaussuunnitelman tasokorkeusjärjestelmä: N2000

Mittauskalusto- ja ohjelmistot: Takymetri Leica TS15 ja Trimble S6 DR+600, mit-tausohjelmistona 3D-Win

Työmaa-alueen havainnollistamiseksi on liitetty kuvio 1.



Kuvio 1. Kartta alueesta (Paikkatietoikkuna 2015)

Mittausperusta oli seuraavanlainen. Mittauksen lähtöpisteinä käytettiin Tampereen kaupungin tekemiä runkopisteitä, jotka oli hankittu www.paikkatietoikkuna.fi -palvelusta. Työnmaamittausten aluksi mitattiin tiheämpi peruspisteverkko kiinni tarroihin käyttäen hyväksi tontille jääviin rakennelmia, tien reunassa olevia valaisinpylväitä ja naapuritonttia rakennelmia. Tarrojen katoamisesta johtuvaa riskiä menettää jopa koko peruspisteverkko vähennettiin mittaamalla myös peruspisteitä tonttia ympäröivän tien asfalttiin hyödyntäen asfalttinauloja merkinnässä. Rakennuksen sisälle muodostuvassa tihennysverkossa voitiin merkinnässä käyttää tussia/lyijykynää tarrojen sijasta. Orientoidessa voitiin käyttää tihennyspisteistön pisteitä, mikäli mitattavan rakenteen tarkkuuden toleranssi sen myönsi. Tämä tarkoitti Vehmaisten koulun ja päiväkodin tapauksessa muurattavia ja kipsiväli-seiniä sekä kaivoja niin sisällä kuin ulkona. Peruspisteverkkoa mitatessa käytettiin kahden kojeasennon mittaustapaa. Jos mittausten tarkkuus kyseenalaistui,

tehtiin jonomittaus, jolla varmistuttiin peruspisteverkon tarkkuudesta ja tarvittaessa tehtiin tasoituslaskenta. Näin ei käynyt tällä työmaalla.

Mittausaineisto muodostui seuraavista asioista. Aluksi suunnittelijat toimittivat dwg-muotoiset suunnitelmat mittamiehelle. Suunnitelmat toimitettiin mittamiehelle joko sähköpostitse tai projektipankkiin. Suunnitelmien oikeellisuudesta vastasi suunnitelmien laatija. Mittaajan tehtävänä oli laskea toimitetusta aineistosta rakenteiden paikat maastossa. Aineisto täydentyi työn edetessä.

Mittaustyöt koostuivat pääosin seuraavista: anturat, pultit, elementit, pilarit, väliseinä ja kaivot. Mittaustyöt suoritettiin takymetrillä noudattaen hyvää mittaustapaa orientoimalla vapaalle asemapisteele kolmella havaintopisteellä, lopettaessa mittaus, suljettiin mittaus tunnettuun pisteeseen. Mahdollisista tarkemittauksista tehtävät tarkekuvat toimitettiin soveltuvassa digitaalisessa muodossa urakoitsijalle tai urakoitsijan osoittamalle ali-urakoitsijalle. Mittausten tarkkuusvaatimukset oli määriteltä Suomen betoniyhdistyksen by 47 teoksessa ja SisäRYL 2013 ohjekirjoissa. Niiden mukaan noudatettiin mittaustarkkuusluokkaa 2 väliseinien kohdalla. Taulukossa 6 on koottu tärkeimmät tarkkuusvaatimukset lähteineen.

Taulukko 6. Rakennustyömaan tarkkuusvaatimukset

Mittaustyö	Tarkkuusvaatimus, vaaka	Tarkkuusvaatimus, korkeus	Lähde
Anturat	±30 mm	±20 mm	by 47
Pultit	±10 mm, keskinäinen ±2 mm	±5 mm	by 47
Elementit	±3 mm	-	by 47
Kiinnityslevyt	±15 mm	±5 mm	by 47
Kaivot	±30 mm	±5 mm	Hyvärinen, työmaamestari
Väliseinät	±8 mm	-	SisäRyl

3.2 Valmistelevat mittaustyöt maanrakennustyövaiheen jälkeen

Tässä opinnäytetyössä rakennustyömaan mittausten käsittely aloitetaan maanrakennusurakan ollessa suurimmalta osalta valmis. Perusteena on se, että usein maanrakennusurakoitsija vastaa urakassaan mittaustöistä, joten rakennusliikkeen ja rakennusliikkeen käyttämä mittauskonsultti tulee suorittamaan mittauksia maanrakennusvaiheen jälkeen tai sen loppuvaiheessa. Näin oli myös Vehmaisten koulun ja päiväkodin tapauksessa.

Töitä aloitettaessa luotiin työmaalle peruspisteverkko sitoen sen kaupungin kiintopisteverkkoon. Ensimmäisten mittausten joukkoon kuului se, että varmistettiin rakennusalueen sijainti suhteessa tontin rajoihin. Peruspisteet merkittiin maastoon tarroilla, porattiin kallioon tai lyötiin asfalttiin asfalttinaula. Mittaustöiden sujuvuuden ja tarkkuuden kannalta oli tärkeää luoda mahdollisimman laaja-alainen peruspisteverkosto. Näin ollen työmaalle nousevat rakenteet, tavaroita tuovat kuorma-autot ja liikkuvat työkoneet eivät juuri häirinneet mittaustyötä. Myös pisteverkoston laajentaminen rakennuksen sisälle helpottui. Peruspisteverkkoa jatkettiin rakennuksen sisään sitä mukaa, kun elementtiseiniä ja pilareita asennettiin työmaalla.

Seuraavaksi työmaalle valittiin koordinaatisto. Se voitiin ottaa joko kaupungin tai kunnan runkopisteistä, muodostaa oman työmaakoordinaatiston mielivaltaisine koordinaattien arvoineen tai käyttää suunnittelijan luomaa koordinaatistoa pohjana. Jokaisella vaihtoehdolla oli omat etunsa ja haittansa. Koska rakennekuvat ja arkkitehdin kuvat olivat samassa millimetripohjaisessa koordinaatistossa, valittiin tämä työmaan koordinaatistoksi, sillä muokkauksella, että millimetreissä olevat mitat muutettiin metrimitoiksi. Tämä ratkaisu tarkoitti sitä, että näin työmaan peruspisteverkkoa ei tarvitse erikseen kääntää. Siksi työmaalla käytettiin työmaan koordinaatistona arkkitehdin pohjakuvaa.

3.3 Perustusvaiheen mittaustyöt

Rakennusmittaajan työ alkoi merkitsemällä merkintämaalilla anturoiden nurkat, jotta kirvesmiehet pystyivät rakentamaan muotit anturoita varten. Anturan muottiin merkittiin valukorko lyömällä naula anturan muottiin. Jo tässä vaiheessa otettiin huomioon jo seuraava kerros, toisin sanoen tulevat rakenteet. Mikäli anturan päälle tuleva sokkeli oli elementti, merkittiin valuun saumaraudan paikka. Jos nosto oli paikallavalettava rakenne, kuten oli väestönsuojan tapauksessa, merkittiin muottiin seinälinjat, jotta kirvesmiehet voivat asettaa seinän tartunnat valuun. Pilasterin tartuntaraudat merkittiin myös. Kuviossa 2 näkyvät varastorakennuksen perustukset.



Kuvio 2. Varaston perustukset

Kuviossa 2 näkyviä varastorakennuksen perustuksia tehtäessä ensin varmistettiin maaperän oikea korko ja merkittiin anturoiden ääriviivat, jotta styroksipalat voitiin levittää tarpeeksi laajalle alueelle. Sen jälkeen merkittiin styroksin päälle nauha-anturan reunat ja pilarianturoiden nurkat. Anturavalun jälkeen merkittiin nostojen ja kiinnityslätkien paikat.

Anturavalun yhteydessä merkittiin paikalleen pultit. Peruspulttien tarkkuusvaatimukset olivat kerrottu rakennesuunnittelijan tekemässä peruspulttikuvassa tai viitattiin RYL:in ohjearvoihin. Ensiksi merkittiin anturaan pulttien linjat, joiden avulla kirvesmies laittoi patikat anturamuotin yli. Patikoihin merkittiin pulttien keskipisteet ja lopulta kirvesmies porasi reiät asensi pultit oikeaan korkoon. Valun yhteydessä tarkistettiin, etteivät pultit olleet liikkuneet. Pulttien tarkka sijainti on tärkeä, sillä pilareiden välille asetettiin deltapalkkeja horisontaalisessa suunnassa. Näiden deltapalkkien väliin ladottiin ontelolaattoja, jotka täten muodostavat seuraavan kerroksen lattian. Näin ollen, jos peruspultit on joko pulttikehän sisäisessä tarkastelussa epätarkasti mitattu tai pulttikehien välisessä tarkastelussa liian lähellä tai kaukana toisistaan, muodostuu rakentamisen jatkamisella vakavia ongelmia. Niitä käsitellään seuraavaksi.

Pulttien tarkkuusvaatimukset ovat sekä horisontaalisessa että vertikaalisessa suunnassa. Tarkastellaan ensin pulttikehän horisontaalinen sisäinen tarkkuus. Jos pultit ovat joko liian kaukana tai liian lähellä toisiaan, pultteja ei saada sovitettua pilarin pohjassa oleviin pulteille tarkoitettuihin reikiin. Jos pulttien vertikaalinen tarkkuus on heikko, pilaria ei saada rakennesuunnittelijan määräämään korkeustasoon aiheuttaen ongelmia seuraavien kerroksien rakentamisessa.

Seuraavaksi tarkastellaan pulttikehien välisen tarkkuuden merkitystä. Jos pilareiden välit jäävät liian pitkiksi tai liian lyhyiksi, pilareiden väliset palkit joko ovat liian pitkiä tai liian lyhyitä, muodostuu tilanne, jossa palkkien asentaminen on mahdollonta, aiheuttaen viivästyksen ontelolaattojen asennukseen.

Peruspultteja käytetään teräsbetoni tai teräspilareiden asennuksessa, mutta teräspilarin voi myös hitsata kiinnityslätkän päälle. Tällöin mittamies laittoi kiinnityslätkän paikoilleen lattiavalussa. Mikäli kiinnityslätkä tuli horisontaaliseen tai vertikaaliseen tasoon muottia vasten, mittamies merkitsi paikan muottiin ja raudoittaja satoi kiinnityslätkän siten, että se ei liikahtanut valettaessa. Tässä vaiheessa tärkeintä oli saada kiinnityslätkä paikalleen sellaisella tarkkuudella, että teräspilarin poikkileikkausala sijoittuisi kiinnityslätkän päälle. Tärkeintä oli siis ottaa huomioon

pilarilinja suunta, jotta tämä vaatimus täyttyisi. Kuviossa 3 näkyvät katoksen tartuntalätkät.



Kuvio 3. Kiinnityslätkät paikallavalussa

Kuvion 3 lätkien nurkat on merkityt valun toppaavaan vaneriin, joihin raudoittajat ovat sitoneet kiinni lätkät. Kun anturat oli valettu pultteineen, merkittiin anturalle sokkelilinjat paikallavalua varten tai elementtien linjat. Sokkelielementtien merkinnässä on erilaisia käytäntöjä, tärkeintä mittamiehelle on sopia elementtiasennuksen työnjohtajan kanssa käytettävistä merkintätavoista. Tässä tapauksessa merkittiin elementtien saumat ja nurkissa seinälinjojen risteyskohta tai elementin nurkka.

3.4 Lattiavalun mittaustyöt

Aluksi oli selvitettävä arkkitehti- ja rakennekuvista valukorko, joka yleensä on ilmoitettu rakennekuvissa. Rakennekuvissa on otettu huomioon mattojen, ja laattojen paksuus. Tällöin saavutetaan arkkitehdin määräämä lattiakorko. Lattiavalua

edeltävät mittaustyöt jakaantuivat moneen eri osaan. Suuren pinta-alan betoni-lattioissa on tarpeen ottaa huomioon lämpölaajenemisesta johtuva liikehdintä. Tämän vuoksi mittamiehen piti merkitä liikuntasauman paikka, jotta siihen voidaan asentaa saumarauta. Kuviossa 4 on liikuntasauman saumarauta lattiassa.



Kuvio 4. Saumarauta lattiassa

Lisäksi sisäänkäyntien kohdalle tulevat mattosyvennykset merkittiin. Mattosyvennyksen kohdalla valupinta oli muutaman sentin alempana muuta lattiaa, jotta nimensä mukaisesti, tähän syvennykseen voidaan laittaa kulutusta kestävä matto. Maton alla oli hiekanerotuskaivo, joka kerää esimerkiksi sulavasta lumesta muodostuvan veden viemärintijärjestelmään. Kuvio 5 havainnollistaa tilanteen.



Kuvio 5. Lattiasyvennys

Kuvion 5 kuvaamissa lattiasyvennyksissä löytyvissä hiekanerotuskaivoissa piti ottaa vielä se huomioon, että lattiasyvennyksen sisään piti saada kaato kaivolle. Tämän vuoksi kaivon yläpinnan korkoa laskettiin vielä kaksi senttiä. Tämän unohdettiin muutaman kaivon kohdalla, mutta kaivot ehdittiin valamaan uudelleen oikeaan korkoon ennen lattiavalua. Lattiavalun korko merkittiin seuraavassa kuviossa 6 näkyvällä tavalla.



Kuvio 6. Lattiavalun merkintä

Kuviossa 6 huomataan selkeä ja yksiselitteinen lattian valukoron merkintätapa. Valukorko merkittiin metrin plussakorolla, koska erotuskaista olisi peittänyt korkeomerkkin lattian rajassa. Eniten lattiavalua edeltävissä mittaustöissä työllisti LVI-tekniikka. Mittamies merkitsi lattiakaivojen, vessojen viemäreiden, hiekanerotuskaivojen ja hormien paikat jopa muutamaan kertaan. Tämä johtui siitä, että putkimies asensi putket maaperän päälle ja tämän jälkeen vielä levitettiin päälle routaeristeet ja huopakangas. Tärkeintä kaivojen mittaustarkkuudessa oli ottaa huomioon viereisten väliseinien sijainti. Seinän sisässä voi olla lattiakaivoa tai vessan viemäriputkea. Lisäksi oli syytä huomioida kaivojen tarvitsemat kaadot. Käytännössä kaivot olivat muutaman sentin alempana lattiakorkoa. Myös mahdolliset

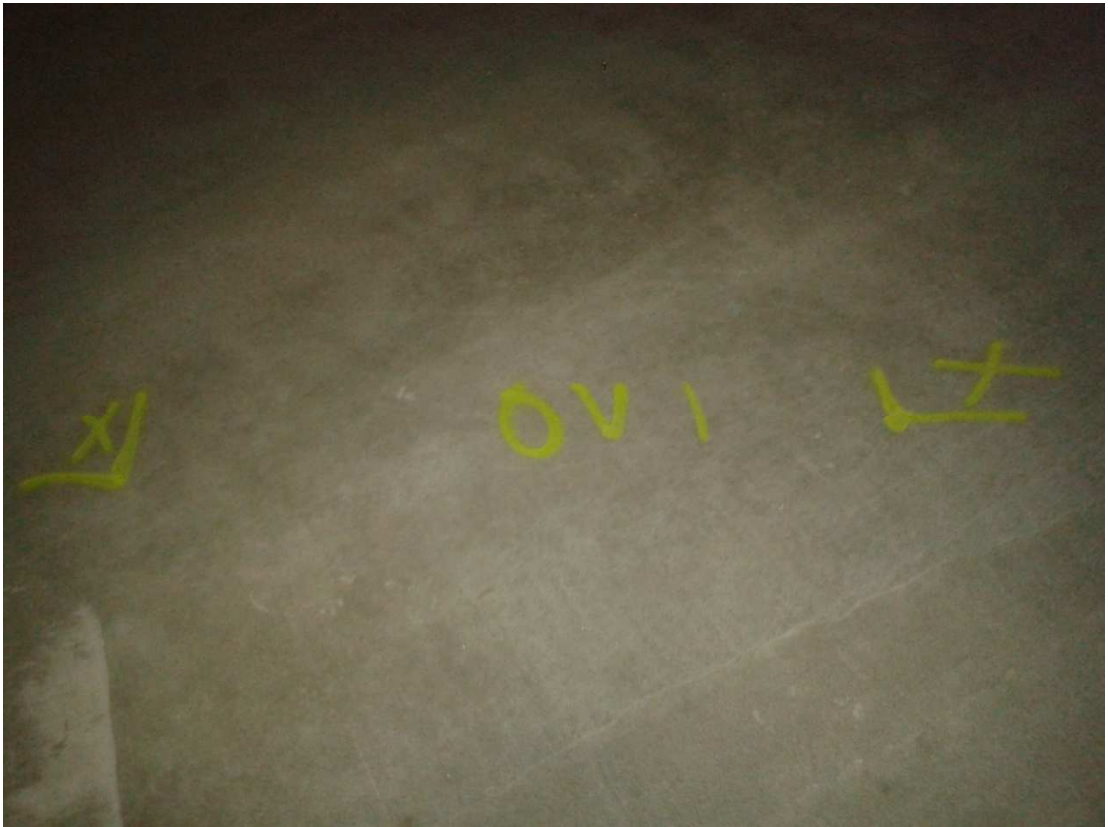
lattialämmitysjohtojen jakotukikaapit merkittiin, ne sijoitettiin seinän sisään tai seinään kiinni. Kuviossa 7 on kuvattu jakotukkikaappi.



Kuvio 7. Jakotukkikaappi

Kuvion 7 jakotukkikaappia varten on merkitty seinän paikat ennen valua, jotta kirvesmiehet pystyivät rakentamaan kehikon. Tähän liittyen seinäelementtien pystytukien eli tönäreitä varten dokumentoitiin sellaiset paikat, joihin voidaan porata tönäreitä varten reikä väliaikaista kiinnitystä varten. Jos mittamies ei dokumentoi paikkaa vaarana on se, että elementtiasentaja poraa reiän lattialämmityskaapeliin ja aiheuttaa näin vesivahingon. Tämä luonnollisesti aiheuttaa esteen töiden normaalille jatkumiselle.

Lattiavalun jälkeen mittamies alkoi merkitä muurattuja ja kevyitä väliseiniä joko lattiaan tai kattoon. Tässä vaiheessa merkittiin ovien paikat. Toinen seinälinja riitti seinien muurauksen tai levytyksen onnistumisen takaamiseksi. Kuviossa 8 näkyy väliseinien merkintätapa.



Kuvio 8. Väliseinän merkintä lattialla

Kuviossa 8 on suoritettu väliseinän merkintä seuraavalla tavalla: betonilattiaan porattu reikä ja lyöty pulttipistoolin naula vasaralla sisään. Lisäksi on käytetty maalia merkitsemällä x-merkillä seinän puoli ja oven paikka.

3.5 Ylempien kerrosten mittaukset

Nousevien kerrosten seinäelementtien tai paikallavalujen linjat merkittiin lattiaan, jotta nousevat kerrokset nousisivat suoraan ylöspäin. Lisäksi mittamies merkitsi reikäkuvan mukaiset LVIS- tekniset läpiviennit, jotka piikattiin auki, mikäli elementtiin ei oltu jo tehtaalla valmistettaessa otettu huomioon läpiviennin tarvetta. Väliseinien merkintä jatkui myös ylemmissä kerroksissa. Kuviossa 9 näkyy ilmastoinnin läpivientejä



Kuvio 9. Ilmastoinnin läpiviennit

Kuvio 9 havainnollistaa lopputilanteen, kuinka mittamies merkitsi paikallavalukaistalle ennen valua reikä- tai ilmastointikuvissa olevien putkien paikat ja kirvesmiehet asensivat varausputket paikalleen. Joitakin läpivientien paikkoja voitiin merkitä rullamitalla, jos läpiviennit olivat elementtiseinän vieressä.

Vesikatolla mittamies merkitsi katon tolppalinjat, katon harjan, mahdolliset palokatkojen seinälinjat, kattoluukut ja varmistaa, että valmis katto on oikeassa korkeudessaan. Kuviossa 10 on suoritettu vesikatolla tolpan korkeuden mittaaminen.



Kuvio 10. Vesikaton tolpan korkomerkinnyt

Kuviossa 10 on merkitty vesikaton nurkkatolpan korkeus. Vesikattoa tekevät aliurakoitsijat ovat virittäneet viivalangat, jotta linjassa olevat tolpat voidaan katkaista sellaisesta korosta, joka muodostaa tasaisen kaadon vesikatolle. Mittausten suorittaminen vesikatolla voi olla haastavaa johtuen jyrkästä geometriasta, joka muodostaa laajoja katvealueita hankaloittaen näin takymetrin orientointia. Vesikaton joustavasta rakenteesta johtuen kojetta ei pystynyt orientoimaan kattolla, joten mittausten suorittamiseksi, mittamies joutuu, joskus soveltamaan ja keksimään uusia toimintatapoja. Kuviossa 11 on tästä havainnollistava esimerkki.



Kuvio 11. Vesikatolla syntynyt uusi mittaustapa

Kuvion 11 tilanne syntyi siitä, ettei takymetriä voitu orientoida katolle joustavan rakenteen takia eikä jyrkästä geometriasta johtuen voitu mitata maasta. Yksinkertaisesti lauta on lyöty elementin päällä olevaan suojalautaan, porattu oikeankokoinen reikä, josta läpi on pujotettu kolmijalasta otettu kiinnitysruuvi. Rakenne ei ollut riittävän tukeva, vaan kääntyessään takymetrin tasaimen kupla heilahteli voimakkaasti. Koska mittausetäisyydet olivat lyhyitä ja mitattavien kohteiden eli ilmastointiputkien tuuletusaukkojen tarkkuusvaatimukset eivät olleet tiukat, voitiin mittaukset suorittaa loppuun tällä tavalla.

4 POHDINTA

Opinnäytteen tuloksena syntyneen mittaussuunnitelman laatimisessa on monia ammatillisen kehityksen kannalta mielenkiintoisia kohtia aloittelevan mittamiehen näkökulmasta. Mittaussuunnitelman laatiminen pakottaa mittamiehen suunnittelemaan ja pohtimaan tulevien mittausten suorittamista. Näin mittaussuunnitelma toimii ikään kuin mittamiehen käsikirjana (Liuha 2015).

Mittaussuunnitelmalla pystytään puuttumaan työmaan orastaviin ongelmiin jo ennen niiden puhkeamista. Lisäksi mittaussuunnitelma muodostaa mittaukselle sellaisen rungon, johon voi turvautua, työssä tulee eteen tulevien hektisissä tilanteissa. Näissä tilanteissa ratkaisun löytämistä helpottaa vankka mittaussuunnitelma. Esimerkiksi, jos rakennus ulottuu metsän reunaan, mutta peruspisteverkko on puutteellinen metsän reunassa, lisämittausten suorittaminen voi hidastaa rakennustöiden suorittamista tuossa nurkassa tai jopa heikentää mittausten laatua, jos mitataan GNSS-välineistöllä sille kuulumattomassa paikassa. Kun mittauksia yhä enenevässä määrin suoritetaan vapaan asemapisteen mittaustavalla, se asettaa peruspisteverkon geometrialle suuremmat vaatimukset, sillä orientointigeometria vaikuttaa orientoinnin tarkkuuteen. Käytännössä peruspisteverkko pitää ympäröidä ja sulkea sisäänsä koko mittausalue (Tolonen 2011, 88).

Haasteena mittaussuunnitelman luonnissa oli se, että piti löytää tarkkuusvaatimukset rakenteille. Lisäksi työmaan koordinaatiston määrittämistä piti miettiä paljon. Tulevaisuudessa näen, että mittaussuunnitelman laatiminen siirtyy yhä enemmän mittamiehen vastuulle. Tähän liittyy takymetrien kasvava mittaustarkkuus, joka helpottaa mittauksen suorittamista. Toisaalta odotettavissa on, että tarkkuusvaatimukset kasvavat suurempien kustannussäästöjen saavuttamiseksi ja hävikkien pienentämiseksi. Tämä aiheuttaa sen, että mittaussuunnitelman laatimisen tärkeys säilyy mittausten riittävän tarkkuuden saavuttamiseksi.

Yleisesti ottaen mittausvirheitä tapahtui enimmäkseen johtuen mittamiehen huolimattomuudesta. Virheitä voisi vähentää vähentämällä työahtia ja tekemällä tarkistuksia useammin. Olennaista on myös hyvän mittaustavan noudattaminen (Laurila 2010, 38). Toisaalta teknologia voisi auttaa myös tässä. Tallennin voisi esimerkiksi oma-aloitteisesti kysyä prismakorkeudesta tietyin väliajoin tai havainnollistaa prismakorkeuden muutokset kuvina. Lisäksi tallentimen suorituskyvyn kasvaminen poistaa tarpeen poimia mitattavat pisteet suunnitelmasta ja ladata suunnitelmat suoraan tallentimeen. Näin kasvaisi väliseinien mittaamisen tuottavuus. Tässä työkohteessa poimin pisteet tallentimeen ja kun mittasin, jouduin usein käymään työmaatoimistossa tarkistamassa paperikuvasta tai tietokoneelta mitä olinkaan mittaamassa. Tämä aiheutti turhaa työajan hukkaamista.

Opinnäytteen teko sujui odotettua sujuvammin, koska työn aihe liittyi niin olennaisesti jokapäiväiseen työntekoon. Opinnäytteelle asetetut tavoitteet saavutettiin, sillä opinnäytetyötä voidaan käyttää sellaisenaan osana uuden työntekijän perehdyttämisessä. Lisäksi saatiin tuotoksena mittaus suunnitelma pitkäaikaiselle työmaalle.

Jatkossa tulevat tutkimukset mittaus suunnitelmista voisivat paneutua siihen, että otetaan selvää eri rakennusliikkeiden mittaus suunnitelmien laatimisohteista ja käytännöistä. Sen jälkeen voisi laatia koko talonrakennusalalle soveltuvan mittaus suunnitelman laatimisohteen. Näin saataisiin levitettyä parhaat käytännöt koko alalle ja voitaisiin vähentää mittausvirheistä aiheutuvia kustannuksia.

LÄHTEET

Elementtisuunnittelu. 2015. Teollinen valmisosarakentaminen. Viitattu 28.12.2015. <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/valmisosarakentaminen>.

Hyvärinen, E. 2015. Rakennusliike J. Malm Oy. Työmaamestarin haastattelu 15.12.2015.

Häkli, P. 2014. JHS—suositus 184. Kiintopistemittaus EUREF—FIN koordinaattijärjestelmässä. Viitattu 30.12.2015. <http://www.kolumbus.fi/eino.uikkanen/Geodesiapaiva/PasiHakli-JHS184KiintopistemittausEUREFFINkoordinaattijarjestelmassa.pdf>.

Jääskeläinen, R., 2009. Pohjarakennuksen perusteet. Jyväskylä: Gummerus.

Kavanagh, B. 2004. Surveying with Construction Applications. Columbus, Ohio, USA: Pearson Prentice Hall

Kiljavan opisto. 2015. Rakennusmittaus. Viitattu 12.12.2015. http://www.kiljavanranta.fi/kiljavan_opisto/ammattillinen-lisakoulutus/rakennusmittaus/.

Koikkalainen, K. 2012. Rakennustyömaan mittaustyöt takymetrillä. Saimaan ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Kuparinen, A. 1992. Mittamiehen käsikirja. Jyväskylä: Gummerus.

Laahanen, J. 2015. Rakennusliike J. Malm Oy. Työmaamestarin haastattelu 15.12.2015.

Laurila, P. 2010. Mittaus- ja kartoitustekniikan perusteet. Kopijyvä: Jyväskylä.

Liuha, J. 2015. Opari kysymyksiä. Email jouko.liuha@mittauspalvelu.com. 11.12.2015. Tulostettu 16.12.2015.

Ojasalo, K., Moilanen, T. & Ritalahti, J. 2014. Kehittämistyön menetelmät. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

Paikkatietoikkuna. 2015. Karttapalvelu. Viitattu 18.11.2015. <http://www.paikkatietoikkuna.fi/web/fi/kartta>

Puusniekka, A., Saaranen-Kauppinen, A. 2006. KvaliMOTV - Menetelmäopetuksen tietovaranto [verkkojulkaisu]. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoaristo. Viitattu 2.1.2016 http://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/kvali/L6_4.html

Saari, T. Elementtisuunnitteluprojektin läpivienti projektitoimistossa. 2012. Insinöörityö. Seinäjoen Ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Salmenperä, H. 2004. Maasto- ja rakennusmittausten perusteet. Opetusmoniste 2004:5, Geoinformatiikan laboratorio, TTY.

Rakennustieto Oy. SisäRYL. 2013. 2013. Helsinki: Rakennustieto Oy.

600.000-Euro-Panne: Behörde baut Autobahnbrücke an falsche Stelle. Spiegel. 2015. Viitattu 31.12.2015. <http://www.spiegel.de/wirtschaft/soziales/steuerver-schwendung-behoerde-laesst-autobahn-bruecke-an-falsche-stelle-bauen-a-1064758.html>.

Suomen Betoniyhdistys. Betonirakentamisen laatuohjeet 2013. 2013. Vantaa: Multiprint.

Tiehallinto. 2008. Tienrakentamisen mittaussuunnitelman laatimisohe. Viitattu 18.11.2015. http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/2000024-v-08tienrakent_mittaus-suunn_laot.pdf.

Tikka, M. 1986. Käytännön geodesia IV Mittausten suoritus. Otakustantamo no:489. Jyväskylä: Gummerus.

Tilakeskus. 2015. Vehmaisten koulu ja päiväkot, uudisrakennus. Viitattu 12.12.2015. <http://www.tampere.fi/tilakeskus/rakennuttaminen/kaynnissaole-vatrakennushankkeet/vehmaistenkoulujapaivakotiuudisrakennus.html>.

Tolonen, J. 2011. Terrestriaalisen laserkeilaimen tosiaikainen orientointi virtuaali-RTK- menetelmällä. Aalto yliopisto, Maanmittaustieteiden laitos. Diplomityö.

Trimble. 2015. Trimble S9 ja S9 HP Takymetrit. Viitattu 18.12.2015. http://trl.trimble.com/docushare/dsweb/Get/Document-779877/022516-155B-FIN_TrimbleS9_S9HP_DS_A4_0715_LR.pdf.

Vermeer, M. 2015. Geodesia. Viitattu 15.12.2015. <http://users.aalto.fi/~mvermeer/geobook.pdf>.